Kharazmi University

Journal of Engineering Geology

Journal home page https://jeg.khu.ac.ir

OPEN ACCESS

Online ISSN 2981-1600

Comparison of hydrodynamic coefficients of Dalon- Meydavood plain by grain size analysis, geophysics and pumping test methods

Soroor Mazrae Asl [1], Farzad Akbari [2], Elahe Irani Asl ✉[3], Leila Hoseini Shafeai[4]

1. PhD student, , Behkarab Ahvaz Company, Ahvaz, Iran. E-mail: smazrae64@gmail.com
2. Master of Science, Faculty of Geology, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. E-mail: farzadakbari12425@gmail.com
3. Corresponding author, PhD student, Faculty of Geology, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. E-mail: elaheiraniasl67@gmail.com
4. Master of Science, Faculty of Geology, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: doe_shafiei@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 20 April 2024
Received in revised form 23 May 2024
Accepted 1 June 2024

Keywords:
Hydrodynamic coefficients,
Dalon-Meydavood,
pumping test.

ABSTRACT

Groundwater is one of the main sources of water supply for agriculture, drinking and industry in Iran, especially in areas with arid and semi-arid climates. Therefore, due to the high importance of groundwater resources, it is necessary to know the hydrodynamic parameters in order to determine the natural flow of water and manage the optimal utilization of groundwater resources. Considering the role of the Daloon-Meydavood aquifer in providing part of the water needed in the study area, especially for agricultural purposes, the hydrodynamic parameters of this aquifer were estimated using the methods of grain size analysis, geophysics and pumping test. The parameters were calculated by all three methods and validated using the flow rate of the exploitation wells. In all three methods, the hydrodynamic parameters (Hydraulic conductivity, Specific yeild, transmissivity coefficient) are the highest in the north and northeast and the lowest in the south and northwest. The results showed that 2 methods including grain size analysisand pumping test had the most similarity with the discharge map of the exploitationwells.

Introduction

Underground water is one of the vital and important resources in Iran, which is exploited for various purposes, including agriculture, drinking, industry, etc. In recent years, water stress has increased, especially in underground water sources to supply water needed for various purposes, so that the water taken from wells is mostly more than the renewable capacity of the aquifer, which causes a lot of environmental and economic consequences (Keyhomayoon, 2022). So that currently, out of 609 plains in the country, more than 300 plains, where most of the country's population is located, are considered as critical and semi-critical plains (Keyhomayoon, 2022). The hydrodynamic coefficients of the aquifer are the most important hydrogeological information to describe the characteristics of each watershed, and most of the research and executive projects and plans for the management of aquifers depend on the existence of accurate and correct hydrodynamic coefficients. The main and most accurate method to determine the hydrodynamic coefficients of aquifers is to perform a pumping test, which is usually very expensive and its implementation in most areas, especially dry areas (due to the increase in drilling depth), faces many limitations. For this reason, in recent years, trying to find the fastest and most economical solution and the possibility of performing these tests in most regions has led to the presentation of various methods.

Cite this article: Mazrae Asl, S., Akbari, F., Irani Asl, E., & Hoseini Shafeai, L. (2024). Comparison of hydrodynamic coefficients of Dalon- Meydavood plain by grain size analysis, geophysics and pumping test methods. Journal of Engineering Geology, 18 (1), 25-44. https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1019741

© The Author(s).
Publisher: Kharazmi University.
DOI: https//doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1019741

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

Dalon- Meydavood plain is one of the most important alluvial aquifers in the study area in the northeast of Ramhormoz city in Khuzestan province. In recent years, due to several reasons, including recent droughts, the decrease in the water level of the plain has caused a worrying challenge. It is necessary to estimate the parameters and hydrodynamic coefficients of the plain in order to advance the goals of proper groundwater management.

Materials and Methods

The Dalon- Meydavood aquifer, covering an area of 68 square kilometers, is bordered by the Ramhormoz aquifer to the east and the Manganan aquifer to the north. The main river in this area is the Ala River, which is considered one of the two major tributaries of the Jareh River. The Midavod-Dalon Plain is located in the north-east of Khuzestan Province. This region is part of the folded Zagros.

Information from 15 exploration wells, 19 exploitation wells and 31 soundings were extracted to calculate hydrodynamic coefficients. These coefficients were then calculated using the grain size analysis, pump test and geophysical methods with the flow map of the production wells and validation of these methods was carried out.

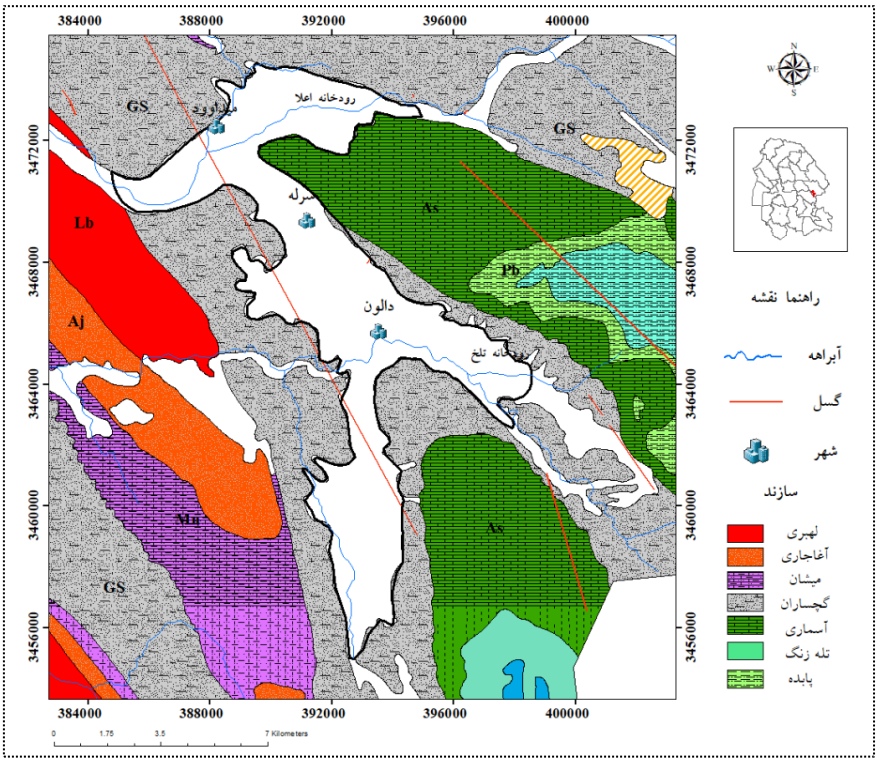


Fig. 1. Geological map and outcrop formations around Dalon-Meydavood aquifer

Results and Discussion

Based on the grading of hydraulic conductivity, it varies from 0.16 m in the south to 8.8 m in the north, northeast (adjacent to Gachsaran Formation) near the Asmari Formation. Also, the amount of transferability and specific drainage was estimated from about 20 square meters per day in the south and west of the aquifer to 385 square meters per day in the north and northeast parts, respectively. The values of Sy in the Dalon-Midwood aquifer vary from about 0.0018 to 0.13.

In order to calculate the hydrodynamic coefficients by the pumping test method, the information of 7 exploitation wells was used. Based on the results obtained from this method, the hydrodynamic coefficients (hydraulic conductivity, transferability and specific drainage) show a decreasing trend from northeast and east to west and south.

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

Based on geophysical information, hydraulic conductivity varies from a minimum of 1.45 to a maximum of 5.94 meters per day. Also, special irrigation has a decreasing trend from north to south.

Finally, to verify the obtained data, the information of the flow of exploitation wells was used. The maximum flow of extraction in the northeast and east of the aquifer is located in the villages of Meydavood Bala, Sarle and Dalon. The exploitation wells have the highest flow. Also, this represents the higher hydrodynamic coefficients of these areas of the aquifer. Most of the wells dug in these areas hit the water surface at a lower depth and are shallow wells.

Conclusions

The Dalon- Meydavood aquifer is surrounded by outcrops of the Asmari and Gachsaran formations, and its alluvial extent is small. Fine and coarse particles resulting from the erosion of the Asmari highlands and Gachsaran formed the alluvium of this plain. Based on the grading method, the hydraulic conductivity decreases from northeast to northwest and south, and its range of changes is from 0.16 meters per day to 8.8 meters per day. The transmissivity of the plain varies between 20-385 square meters per day based on the grain size analysis method, and its maximum value is observed in the north and northeast. The specific drainage parameter based on the logs of drilled wells showed that the aquifer has more specific drainage in the eastern half and this parameter decreases as you move towards the western half of the plain. Investigating the hydrodynamic coefficients using the pumping test method, the highest value is observed in the northeast and the lowest value is observed in the south. According to the data obtained from geophysical investigations, the transferability in the studied plain has a decreasing trend from the northeast and east of the aquifer to the southeast and west. Examining the 3 methods calculated with the drawn flow rate map showed that the hydrodynamic coefficients calculated based on the grading and pumping test are most similar to the flow rate map of exploitation wells and density of wells.

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

نشریه زمین شناسی مهندسی
Journal home page https://jeg.khu.ac.ir
دسترسی آزاد
شاپا الکترونیکی ۲۹۸۱-۱۶۰۰
دانشگاه خوارزمی

مقایسه ضرایب هیدرودینامیکی دشت دالون– میداوود به روش‌های دانه بندی، ژئوفیزیک و آزمون پمپاژ

سرور مزرعه اصل[۱]، فرزاد اکبری[۲]، الهه ایرانی اصل[۳] ✉ ، لیلا حسینی شفیعی[۴]

۱. دانشجوی دکتری، علوم زمین، شرکت بهکارآب، اهواز، ایران. رایانامه: smazrae64@gmail.com
۲. کارشناسی ارشد، علوم زمین، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران .رایانامه: farzadakbari12425@gmail.com
۳. دانشجوی دکتری، علوم زمین، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه شهید چمران ، اهواز ، ایران. رایانامه: elaheiraniasl67@gmail.com
۴. کارشناسی ارشد، علوم زمین، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: doe_shafiei@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲

کلیدواژه‌ها:
ضرایب هیدرودینامیکی، دالون – میداوود، آزمون پمپاژ.

چکیده

آب‌های زیرزمینی یکی از منابع اصلی در تأمین آب کشاورزی، شرب و صنعت در کشور ایران، به ویژه مناطقی که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد. از این‌رو، با توجه به اهمیت بالا منابع آب زیرزمینی، اطلاع از ضرایب هیدرودینامیکی به منظور تعیین جریان طبیعی آب و مدیریت بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی امری ضروری است. با توجه به نقش آبخوان دالون–میداوود در تأمین بخشی از آب مورد نیازمنطقه مورد مطالعه به ویژه جهت مصارف کشاورزی ضرایب هیدرودینامیکی این آبخوان با استفاده از روش‌های دانه بندی، ژئوفیزیک و آزمون پمپاژ برآورد گردید. ضرائب به هر سه روش محاسبه و با استفاده از دبی چاه‌های بهره برداری صحت سنجی گردید. در هر سه روش، ضرائب هیدرودینامیک (هدایت هیدرولیکی، آبدهی ویژه، ضریب قابلیت انتقال) در بخش‌های شمال، شمال شرقی بیشترین مقدار و در به سمت جنوب و شمال غرب کمترین مقدار را دار می‌باشند. نتایج نشان داد که ۲ روش دانه بندی و آزمون پمپاژ بیشترین شباهت را با نقشه دبی چاه‌های بهره‌برداری دارند.

مقدمه

آب زیرزمینی از جمله منابع حیاتی و پراهمیت در کشور ایران بوده که جهت مصارف مختلف اعم از کشاورزی، شرب، صنعت و غیره مورد بهره برداری قرار می‌گیرد. در سالیان اخیر تنش‌های آبی بویژه در منابع آب زیرزمینی جهت تأمین آب مورد نیاز برای مصارف گوناگون فزونی یافته است به گونه ای که آب برداشت شده از چاه‌ها عمدتاً بیش از ظرفیت تجدید پذیری آبخوان می‌باشد که این امر موجب پیامدهای زیست محیطی و اقتصادی بسیار زیادی می‌شود (Keyhomayoon, 2022). به طوری که در حال حاضر از ۶۰۹ دشت کشور بیش از ۳۰۰ دشت که بیشتر مناطق جمعیتی کشور در آن واقع شده است جز دشت‌های بحرانی و نیمه بحرانی قلمداد شده است (Keyhomayoon, 2022). ضرایب هیدرودینامیک آبخوان مهمترین اطلاعات هیدروژئولوژیکی جهت توصیف ویژگی‌های هر آبخوانی هستند و انجام اکثر پروژه‌ها و طرح‌های پژوهشی و اجرایی

استناد: مزرعه اصل، س.، اکبری، ف.، ایرانی اصل، ا.، حسینی شفیعی، ل. (۱۴۰۳). مقایسه ضرایب هیدرودینامیکی دشت دالون- میداوود به روش‌های دانه بندی، ژئوفیزیک و آزمون پمپاژ. مجله زمین شناسی مهندسی، ۱۸ (۱)، ۲۵-۴۴. https://doi.org/10.22034/JEG.2024.18.1.1019741

ناشر: دانشگاه خوارزمی.
© نویسندگان.
CC BY NC

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

در راستای مدیریت آبخوان‌ها وابسته به وجود ضرایب هیدرودینامیک دقیق و صحیح می‌باشد. ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان (آبدهی ویژه، ضریب ذخیره، هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال) از جمله خصوصیات هیدرولیکی لایه‌های آبدار می‌باشد که معرف سرعت حرکت سیال در محیط متخلخل، همچنین نوسانات سطح ایستابی است. جهت تعیین این پارامترها روش‌های گوناگونی وجود دارد که از معتبرترین آن‌ها می‌توان به آزمون پمپاژ چاه‌های اکتشافی اشاره نمود (TaheriTizro, 2018). اصلی‌ترین و دقیق‌ترین روش بمنظور تعیین ضرایب هیدرودینایکی آبخوان‌ها، انجام آزمایش پمپاژ است که معمولاً بسیار پر هزینه بوده و انجام آن در اکثر مناطق، به ویژه مناطق خشک (به سبب افزایش عمق حفاری)، با محدودیت‌های زیادی مواجه است. به همین جهت در سال‌های اخیر، تلاش برای یافتن سریعترین واقتصادی‌ترین راه حل و امکان انجام این آزمون‌ها در اکثر مناطق، منجر به ارائه روش‌های مختلفی شده است. (Dashti et al., 2019) برآورد ضرایب هیدرودینامیک آبخوان دشت زوزون با استفاده از داده‌های سونداژ الکتریکی مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که متوسط تخلخل دشت زوزن ۲۶ درصد است و میزان هدایت هیدرولیکی، ضریب قابلیت انتقال و آبدهی ویژه به ترتیب ۵-۱۰*۱۲,۵ m/s، ۱۵۵۲ m^2/day و ۵/۴ برآورد گردید. (Alamdari, 2020) هدایت هیدرولیکی و ضریب ذخیره آبخوان دشت شبستر را با استفاده از مدل عددی برآورد کرده و نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد که، هر چه آبخوان ناهمگن‌تر باشد ضرایب هیدرودینامیکی نیز به تبع آن متنوع‌تر خواهد بود. همچنین بیان کرددند این تنوع به علت وجود آبرفت‌هایی با منشأ سازندهای زمین‌شناسی متنوع و تخلخل و نفوذپذیری متنوع می‌باشد. (Nakhaei, 2014) به منظور مدیریت بهره برداری بهینه از آبخوان دشت ساحلی ارومیه و تعیین نرخ بهینه پمپاژ چاه‌های بهره‌برداری، مدل آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی مورد نظر را با استفاده از نرم افزار Visual MODFLOW 4.2 تهیه نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که، مقدار هدایت هیدرولیکی برای آبخوان مورد مطالعه بین۱ تا ۱۰ متر در روز و مقدار آبدهی ویژه ۱ تا ۱۰ درصد می‌باشد. (Nassimi, 2015) ضرایب هیدرودینامیک آبخوان را با استفاده از آزمون پمپاژ در استان فارس ارزیابی کردند. نتایج حاصله نشان داد که خطای استفاده از مدل‌های تحلیلی مرسوم برای محاسبه هدایت هیدرولیکی آبخوان‌ها کارستی و آزاد آبرفتی به ترتیب ۸۸/۲۲ و ۷۶/۰۹ درصد می‌باشد و این مدل صرفاً برای آبخوان‌های آبرفتی مناسب است. همچنین ذخیره چاه و اثر پوسته‌ای در چاه‌های دهانه گشاد و چاه‌هایی که تحت تاثیر شکست هیدرولیکی می‌باشند قابل توجه است و در سایر چاه قابل چشم پوشی می‌باشد. (Mohammadi, 2011) روش‌های مختلف تحلیل آزمون پمپاژ در برآورد ضرایب هیدرودینامیک آبخوان آزاد را مورد ارزیابی قراردادند. نتایج نشان داد که ارزیابی صحت قیدهای موجود در راستای محاسبه ضرایب هیدرودینامیک آبخوان محبوس در آبخوان آزاد می‌تواند تا ۱۱۶۹ درصد خطا داشته باشد. همچنین تنها حالتی که محاسبه هدایت هیدرولیکی آبخوان آزاد با استفاده از مدل‌های تحلیلی مربوط به آبخوان محبوس خطای کمی دارد که مقدار $\prod$ کمتر از ۰/۰۰۱ باشد. (Dewandel et al., 2017) میزان هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی را در نمونه‌های اشباع لس برداشت شده از شیب‌های شمال فلات جینگ یانگ به وسیله آزمایش با بار متغیر ارزیابی کردند. نتایج حاکی از آن بود که تنوع فضایی این پارامتر منجر به نفوذآب و ایجاد لغزش در این محل می‌شود. (Niwas et al., 2012) هدایت هیدرولیکی و تخلخل را در آبخوان Ruhrtal در آلمان به روش ژئوفیزیک

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

سطحی ارزیابی کردند نتایج حاصل را با نتایج ۶ حلقه چاه پمپاژ مقایسه کردند.

دشت دالون- میداوود یکی از مهم‌ترین آبخوان‌های آبرفتی در محدوده مطالعاتی شمال شرق شهرستان رامهرمز در استان خوزستان می‌باشد. به دلیل وضعیت اقتصادی و اجتماعی ساکنین منطقه مورد مطالعه، آب زیرزمینی به عنوان منبع اصلی تأمین کننده آب مصرفی کشاورزی نقش حیاتی را ایفا می‌نمایند. اما طی سالیان اخیر به دلایل متعدد از جمله خشکسالی‌های اخیر کاهش سطح آب دشت باعث ایجاد چالشی نگران کننده شده است. با توجه به اینکه تعداد ۱۶۴ حلقه چاه در بخش‌های مختلف دشت دالون میداوود وجود دارد که عمدتاً چاه‌های عمیق و بالای ۵۰ متر حفاری شده‌اند احتمال افت آب محسوس‌تر بوده است. بنابراین تعیین و برآورد پارامترها و ضرایب هیدرودینامیکی دشت بمنظور پیشبرد اهداف مدیریت صحیح آب زیرزمینی امری ضروری است. بدین منظور پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان آبرفتی دالون- میداوود، با استفاده از سه روش دانه‌بندی، ژئوفیزیکی و آزمون پمپاژ محاسبه و مقایسه گردید. هدف از انجام این مطالعه تعیین بهترین روش برای محاسبه ضرائب هیدرودینامیک آبخوان می‌باشد.

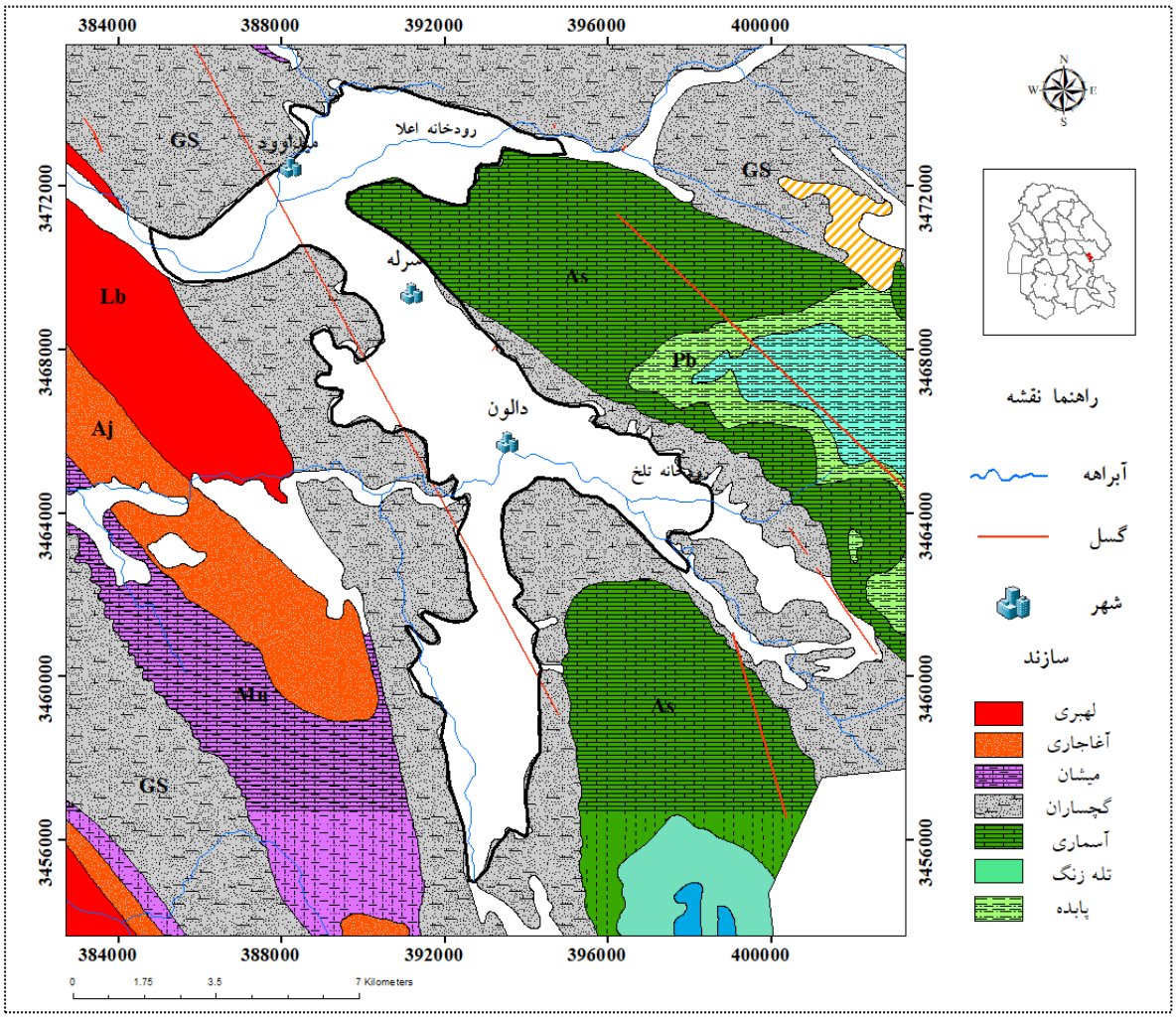
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

آبخوان دالون- میداوود با وسعت ۶۸ کیلومتر مربع از شرق به آبخوان رامهرمز و از شمال به آبخوان منگنان محدود می‌گردد. مهم‌ترین رودخانه موجود در این محدوده رودخانه اعلا است که یکی از دو شاخه مهم رودخانه جراحی محسوب می‌شود. منطقه دالون-میداوود در شمال‌شرق استان خوزستان قرار دارد. این ناحیه قسمتی از زاگرس چین خورده را تشکیل می‌دهد. این بخش از زاگرس متشکل از تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متعددی است که دشت مورد مطالعه یکی از ناودیس‌های آن به شمار می رود. دشت دالون-میداوود در دامنه جنوب شرق تاقدیس کوه سفید واقع شده است و در منتهی الیه آن رودخانه تلخ قرار دارد، این دشت به صورت ناودیس می‌باشد که توسط رسوبات حاصل از فرسایش فیزیکی سنگ‌های آهکی آسماری که در کوه گردکی رخنمون دارند، پر شده است (شکل۱). همچنین براساس پروفیل عرضی، در بخش شمالی آبخوان ذرات در نزدیکی سازند آسماری درشت دانه و با دور شدن از سازند آسماری و نزدیک شدن به سازند گچساران آبرفت ترکیبی از ذرات ریز و درشت رس و گراول می‌باشد. آبرفت بخش میانی آبخوان دالون -میداوود حاصل فرسایش سازند آسماری بوده و ذرات از جنس آهک و به اندازه ماسه و رس می‌باشند. همچنین به سمت جنوب و جنوب شرق تناوبی از لایه‌های رس و گراول و میان لایه‌های گراول بوده، در حالی که به سمت جنوب‌غرب تناوب رس و ماسه آهکی تبدیل به رس و سیلت و ماسه می‌گردد (شکل ۲).

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

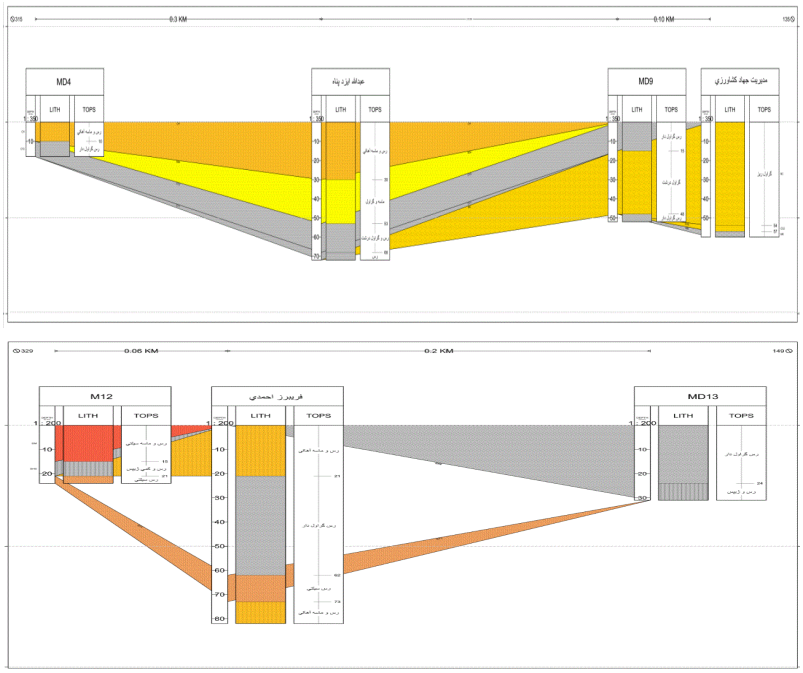


شکل ۱. نقشه زمین شناسی و رخنمون سازندهای اطراف آبخوان دالون-میداوود

Fig. 1. Geological map and outcrop formations around Daloon-Meydavood aquifer

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]



شکل۲. پروفیل عرضی دشت دالون-میداوود
Fig. 2. Transverse profile of Daloon-Meydavood plain

در کل محدوده دشت دالون – میداوود ۱۵ چاه مشاهده ای- اکتشافی و ۱۶۴ حلقه چاه بهره برداری وجود دارد (شکل۳). بر اساس داده‌های دریافت شده از سازمان آب و برق خوزستان، اطلاعات ژئوفیزیکی محدوده مطالعاتی دالون- میداوود شامل ۳۱ سونداژ است که از این سوندا‌ژها جهت بررسی ضرائب هیدرودینامیکی، ضخامت و عمق آبخوان استفاده شد. بمنظور انجام این پژوهش از ۱۶۴ حلقه چاه بهره‌برداری موجود، اطلاعات ۱۹ حلقه چاه بهره برداری که دارای اطلاعات کافی و پراکندگی مناسب بود، استفاده گردید. همچنین اطلاعات ۱۵ حلقه چاه مشاهده‌ای نیز استخراج گردید. ضرایب هیدرودینامیک با استفاده از روش دانه بندی، آزمون پمپاژ و ژئوفیزیک محاسبه گردید و سپس برای تعیین بهترین روش برای محاسبه ضرائب هیدرودینامیک با استفاده از نقشه دبی چاه های بهره برداری صحت سنجی صورت گرفت.

با استفاده از اطلاعات لاگ استخراج شده برای چاه‌های بهره برداری و مشاهده‌ای طبق جدول (۱) به هر لایه با ضخامت معین با توجه به جنس آن مقدار k و Sy استاندار تعلق می گیرد سپس میزان متوسط هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه طریق فرمول (۱) محاسبه می‌گردد. همچنین ضریب قابلیت انتقال نیز براساس هدایت هیدرولیکی به دست آمده محاسبه می‌شود.

$$\overline{K} = \sum K \times b / \sum b \qquad (۱)$$

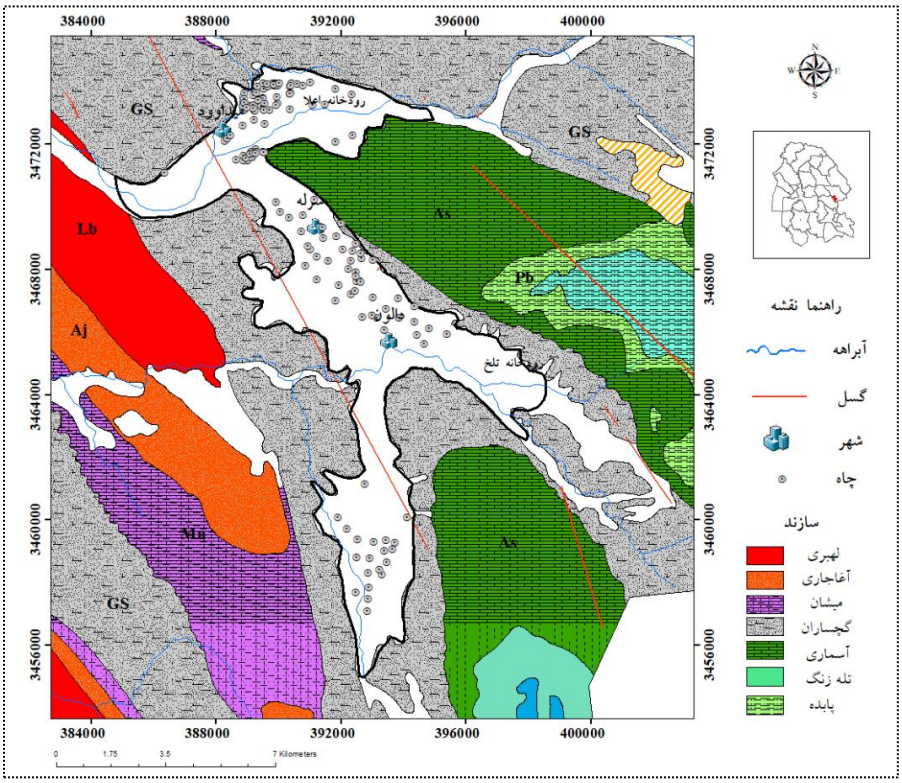
در فرمول (۱) b معرف ضخامت آبخوان برحسب متر (m) و K هدایت هیدرولیکی هرلایه برحسب متر بر روز (m/d) است. مقادیر استاندارد ذرات براساس Bouwer, 1978 درجدول ۱ ارائه شده‌است.

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

جدول1 - مقادیر هدایت هیدرولیکی با اقتباس از Bouwer 1978

Table 1- Hydraulic conductivity values adapted from Bouwer 1978

BOUWER	Sy	K m/d
CLAY	3	10^{-2} - 10^{-8}
FINE SAND	23	1-5
MEDIUM SAND	28	5 - 2 * 10^{1}
COARSE SAND	27	2* 10^{1}- 10^{2}
SAND & GRAVEL	-	5 - 10^{2}
CLAY&SAND&GRAVEL	-	10^{-3} -10^{-1}
SANDSTONE	21-27	10^{-3} – 1



شکل ۳. موقعیت کل چاه‌های دشت

Fig.3. The location of all wells in the plain

در روش ژئوفیزیک هر سونداژ ژئوالکتریک شامل داده‌های مقاومت ظاهری (برای هر لایه)، سنگ کف، ضخامت آبخوان می‌باشد. فاکتور سازند که اولین بار توسط (Archie, 1942) عنوان گردید برای هر لایه از طریق تقسیم مقاومت الکتریکی لایه آبدار به مقاومت الکتریکی آب حاصل می‌گردد. مقاومت الکتریکی آب نیز از فرمول ۲ حاصل می‌شود. سپس شیپ خط فرمول (۴) از طریق فاکتور سازند در مقابل هر کدام از پارامترهای هیدرولیکی ترسیم می‌گردد .

$$pw = \frac{1}{Ec} \times 10^4 \qquad (۲)$$

$$F=\frac{P}{Pw} \qquad (۳)$$

$$Y = a\,x \pm b \qquad (۴)$$

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

p مقاومت ویژه بخش جامد، pw مقاومت ویژه آب، Ec هدایت الکتریکی آب و F فاکتور سازند است.

آزمون پمپاژ یکی از دقیق ترین روش‌های محاسبه مقادیر ضرایب هیدرودینامیکی در کل ضخامت یک سفره آبدار است (Todd & Mays, 2005). انجام آزمایش پمپاژ هم در شرایط ماندگار و هم در شرایط ناماندگار امکان‌پذیر می‌باشد. در این روش یک آشفتگی مانند پمپاژ به آبخوان تحمیل می‌گردد و واکنش آبخوان اندازه گیری می‌شود (Renard, 2009). تایس (۱۹۳۵) معادله‌ای برای جریان دائم ناپایدار بدست آورد که در این معادله فرض بر کامل بودن چاه و ثابت بودن نرخ پمپاژ می‌باشد. براساس اطلاعات پمپاژ استخراج شده از چاه‌های بهره برداری ضرائب هیدرودینامیک با استفاده از نرم افزار اکیفر تست محاسبه گردید (فرمول های۵، ۶، ۷).

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (۵)$$

$$W(u) = 0.5772 - \ln u + u - \frac{u2}{2 * 2!} + \frac{u3}{3 * 3!} - \frac{u4}{4 * 4!} \quad (۶)$$

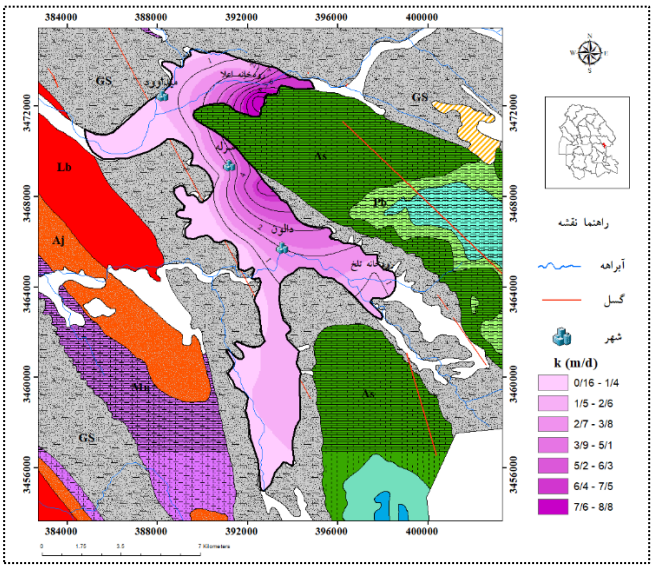
$$\frac{r^2}{t} = \frac{4T}{S} u \quad (۷)$$

بحث و نتایج

تعیین پارامترهای هیدرولیکی به روش دانه بندی

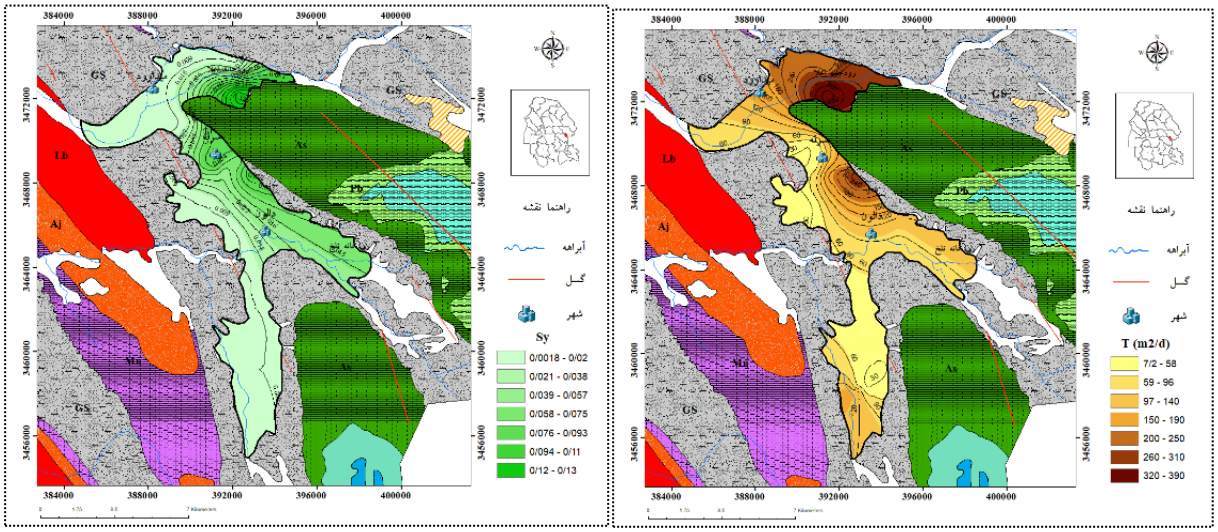
بمنظور تعیین ضرایب هیدرودینامیکی به روش دانه بندی، نقشه‌های پهنه بندی هر سه پارامتر هدایت هدرولیکی، قابلیت انتقال و آبدهی ویژه ترسیم گردید. بر اساس شکل ۴، ملاحظه می‌شود که میزان هدایت هیدرولیکی دالون–میداوود در چاه‌های موجود در بخش شمال‌شرق دشت در نزدیکی سازند آسماری و شرق آبخوان زیاد می‌باشد و به سمت شمال غرب و جنوب کاهش می‌یابد. هدایت هیدرولیکی از ۰/۱۶ در جنوب الی ۸/۸ متر در شمال، شمال‌شرقی (مجاور سازند گچساران) روز در نزدیکی سازند آسماری متغیر می‌باشد. ترسیم نقشه قابلیت انتقال بر مبنای روش دانه بندی حاکی از آن است که، تغییرات ضریب آبگذری درآبخوان دالون-میداوود از حدود ۲۰ متر مربع در روز در جنوب و غرب آبخوان الی ۳۸۵ متر مربع درروز در بخش‌های شمال و شمال‌شرقی متغیر می‌باشد (شکل ۵، راست). مقادیر S_y در آبخوان دالون-میداوود از حدود ۰/۰۰۱۸ الی ۰/۱۳ متغیر است، همچنین محدوده‌ی شمال‌شرق و شرق در امتداد سازند آسماری تا گچساران آبخوان بیشترین مقادیر آبدهی ویژه را نشان می‌دهند که علت این امر وجود رسوبات دانه درشت حاصل از فرسایش سازند آسماری شامل که ماسه و گراول آهکی در این بخش‌ها می‌باشد. همچنین میزان این پارامتر به سمت جنوب کاهش می‌یابد که ریزدانه بودن رسوبات آبرفتی حاصل از فرسایش گچساران در این نواحی از علل کاهش این پارامتر است (شکل ۵، چپ).

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]



شکل ۴. هدایت هیدرولیکی آبخوان دالون-میداوود (به روش دانه‌بندی)

Fig. 4. Hydraulic conductance of Daloon-Meydavood aquifer (by grain size analysis)



شکل ۵. نقشه پهنه‌بندی قابلیت انتقال (سمت راست) پهنه‌بندی آبدهی ویژه (سمت چپ) بر اساس روش دانه‌بندی

Fig. 5. Map of transferability zoning (right side) special drainage zoning (left side) based on grain size analysis

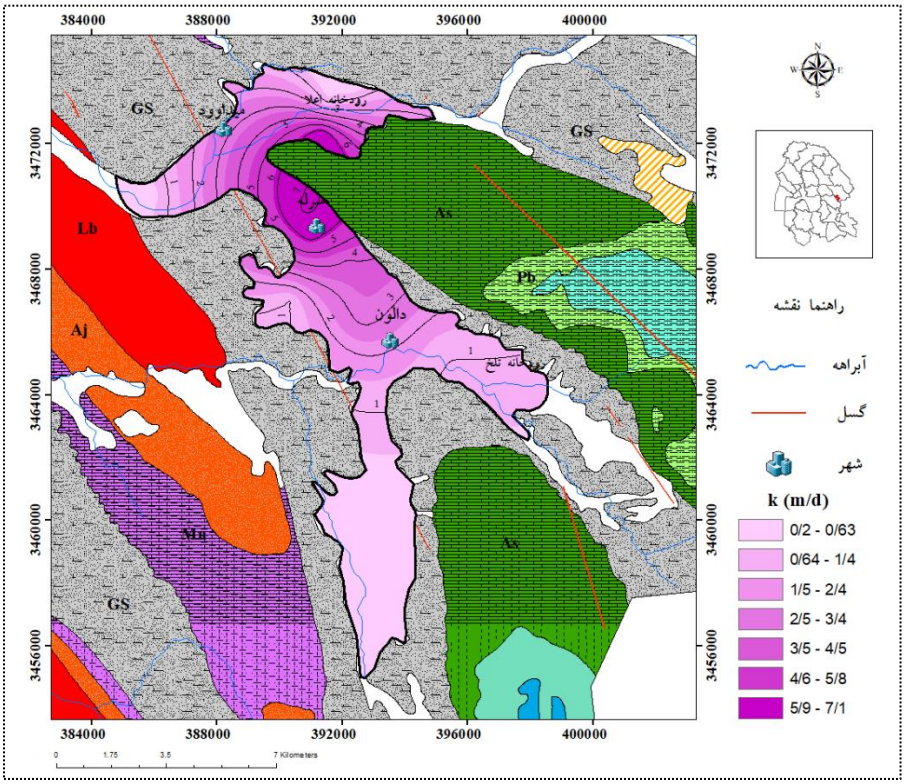
تعیین پارامترهای هیدرولیکی به روش آزمون پمپاژ

آزمون پمپاژ مهم‌ترین و دقیق‌ترین روش محاسبه ضرائب هیدرولیکی و خصوصیات هیدرودینامیکی یک آبخوان می‌باشد که با استفاده از آن می‌توان قابلیت انتقال، آبدهی ویژه و هدایت هیدرولیکی که از جمله پارامترهای مهم سفره آبدار می‌باشند را محاسبه نمود. جهت محاسبه ضرائب هیدرولیکی آبخوان دالون-میداوود از اطلاعات چاه‌های بهره‌برداری واجد شرایط تحلیل استفاده شده است. ضرایب K,T و S_y (S) با استفاده از نرم افزار AQUIFER TEST

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

2016 محاسبه شد. مقادیر هدایت هیدرولیکی با استفاده از اطلاعات پمپاژ ۷ حلقه چاه بهره‌برداری و با استفاده از روش‌های تایس، نیومن تعیین شده‌است. بر این اساس مشاهده می‌شود نیمه‌ی شمالی تا بخش میانی دشت هدایت هیدرولیکی بیشتری نسبت به نیمه‌ی جنوبی آن دارد همچنین بیشترین مقدار محاسبه شده این پارامتر در شمال‌شرقی و شرق در مجاورت سازند آهکی آسماری مشاهده می‌شود. دامنه تغییرات پارامتر هدایت هیدرولیکی بین ۰/۲ الی ۷/۱ متر در روز از شمال شرق و شرق به سمت غرب و جنوب بوده است (شکل ۶). بررسی نقشه پهنه بندی با تکیه بر روش آزمون پمپاژ برای پارامتر قابلیت انتقال نشان می‌دهد که، محدوده‌ی شمال شرقی آبخوان به سمت جنوب و شمال در مجاورت سازند تبخیری گچساران از حدود ۲۶ تا ۳۵۶ مترمربع در روز به صورت تدریجی کاهش یافته‌است (شکل ۷، راست) همچنین نقشه آبدهی ویژه نشان داد که میزان این پارامتر از نیمه‌ی شرقی آبخوان به سمت نیمه‌ی غربی آبخوان کاهش می‌آید. مقادیر آبدهی ویژه از ۰/۰۰۵۱ الی ۰/۰۳۶ از نیمه‌ی شرقی به سمت نیمه‌ی غربی تغییر می‌کند (شکل ۷، چپ).



شکل ۶. نقشه پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی دشت دالون-میداوود (روش آزمون پمپاژ)

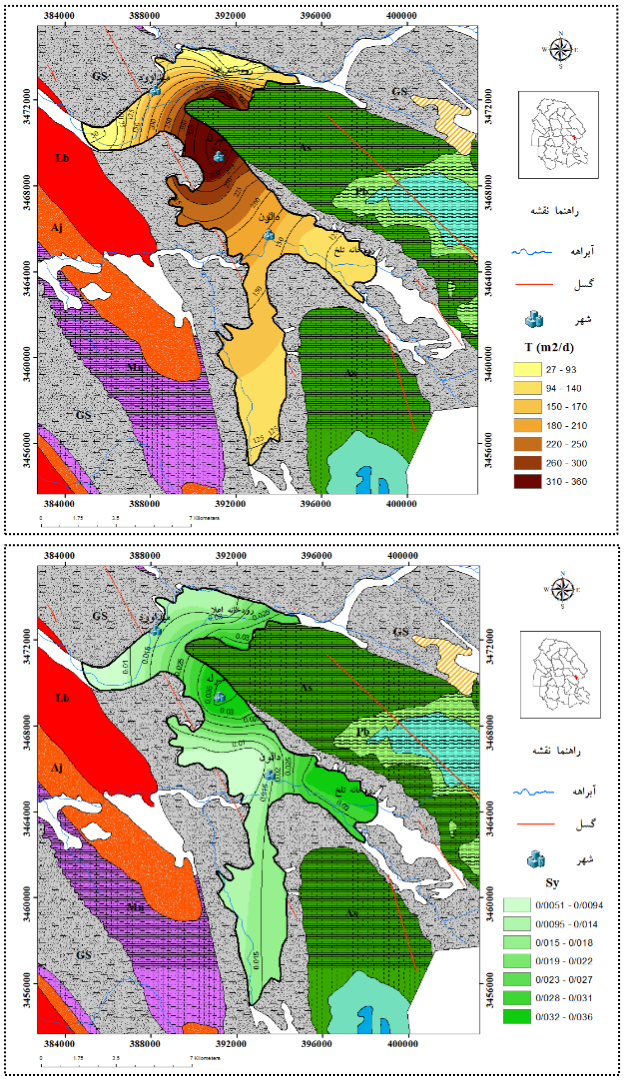
Fig. 6. Hydraulic conductivity zoning map of Daloon-Meydavood plain (pumping test method)

روش ژئوفیزیک

تعیین ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان‌ها از جمله هدایت هیدرولیکی و ضریب قابلیت انتقال آب در مطالعه هیدروژئولوژی بسیار حائز اهمیت است. از جمله روش‌های کارآمد ژئوفیزیکی درمطالعات هیدروژئولوژیک روش ژئوالکتریک می‌باشد. این روش (مقاومت ویژه الکتریکی) یکی

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

از قدرتمندترین روش‌های اکتشافی است که از مزایای آن درمقایسه با روش آزمون پمپاژ، صرفه جویی در هزینه، زمان و درنتیجه برآورد ضرائب در نقاط بیشتری از سطح آبخوان است.



شکل ۷. نقشه پهنه‌بندی قابلیت انتقال و نقشه آبدهی ویژه دشت دالون – میداوود (بر اساس آزمون پمپاژ)

Fig. 7. Transmissivity zoning map and special elevation map of Daloon-Meydavood plain (based on pumping test)

عمق سنگ کف و ضخامت آبخوان

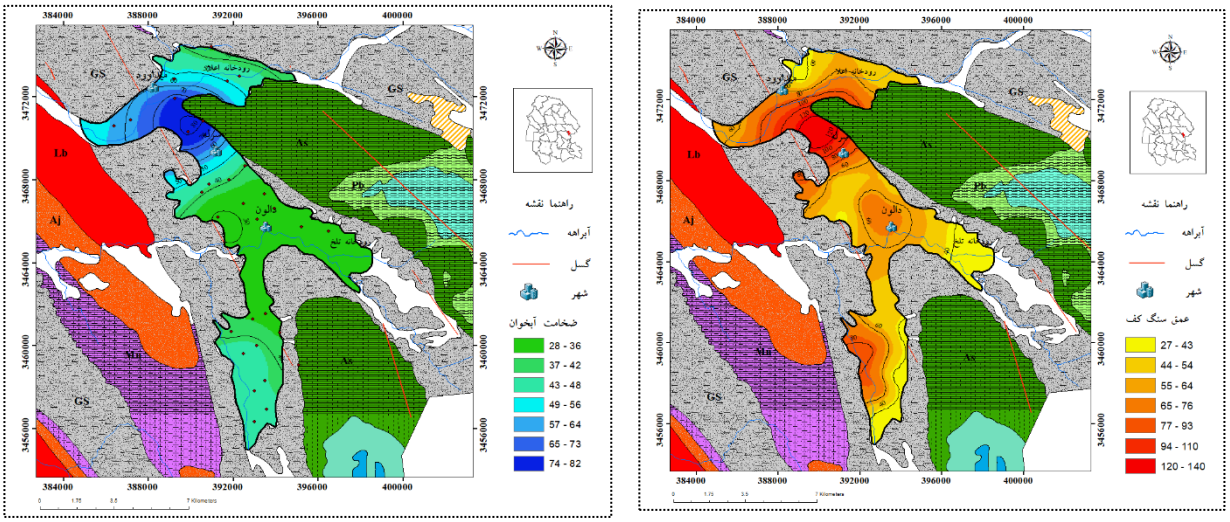
نقشه عمق سنگ کف و ضخامت آبخوان آبرفتی دالون-میداوود با استفاده از اطلاعات ۳۱ سونداژ ترسیم گردید. بر این اساس سنگ کف آبخوان آبرفتی دالون-میداوود در عمق ۳۰ الی ۱۵۰ متری و ضخامت آبخوان از ۲۸ تا ۸۲ متر متغیر می‌باشد. بررسی نقشه عمق سنگ کف و ضخامت آبخوان نشان می‌دهد که، بیشترین عمق سنگ کف و ضخامت آبخوان در شمال میداوود مشاهده می‌شود و به سمت جنوب شرقی و غربی همچنین در شمال از مجاور سازند آسماری به سمت گچساران عمق سنگ کف کاهش می‌یابد و درپی آن از میزان ضخامت آبخوان نیز کاسته می‌شود. بازه‌ی تغییرات

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]
[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

ضخامت آبخوان از ۸۲ متردر شمال روستای سرله تا ۲۸ متر در جنوب و جنوب‌شرقی آبخوان می‌باشد (شکل ۸).

تعیین ضرایب به روش ژئوفیزیک

هدایت هیدرولیکی آبخوان دالون-میداوود با استفاده از پارامتر فاکتور سازند محاسبه شد. فاکتور سازند پارامتری است که نسبت مقاومت ویژه الکتریکی سازند متخلخل به مقاومت الکتریکی سیال داخل آن را بیان می‌کند. برای تعیین ارتباط ضریب آبگذری و فاکتور سازند آبخوان، برای هر نقطه هدایت هیدرولیکی را مشخص کرده و سپس نمودار پراکنش ضریب آبگذری در مقابل فاکتور سازند ترسیم می‌شود. طبق نمودار ترسیم شده رابطه‌ی بازگشتی به دست آمده R^2 نزدیک به یک، معرف انطباق زیاد خط و داده‌ها می‌باشد. R^2 در صورتی که از ۰/۵ بیشتر باشد قابل اعتماد و مناسب جهت محاسبات می‌باشد. همچنین ضمن ترسیم نمودار آبدهی ویژه در مقابل فاکتور سازند می توان بیان نمود که، همبستگی مناسبی بین دو داده وجود دارد و از این‌رو معادله‌ی خط پوش جهت محاسبه آبدهی ویژه مناسب می‌باشد(شکل ۹).

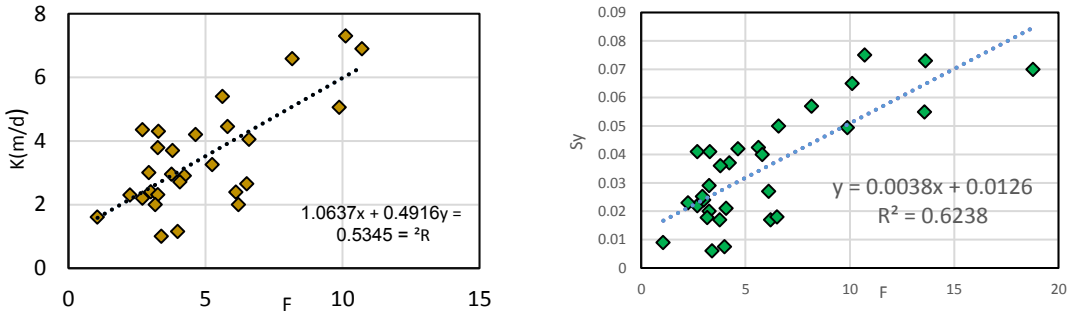


شکل ۸. نقشه پهنه‌بندی عمق سنگ کف آبخوان (سمت راست) و نقشه ضخامت بخش آبرفتی آبخوان دالون- میداوود (سمت چپ)

Fig. 8. Zoning map of the rock depth of the aquifer (right side) and thickness map of the alluvial part of the Daloon-Meydavood aquifer (left side)

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]



شکل ۹. سمت راست (نمودار آبدهی ویژه در مقابل فاکتور سازند) و سمت چپ (نمودار هدایت هیدرولیکی در برابر فاکتور سازند)

Fig. 9. Right side (diagram of specific drainage versus formation factor) and left side (diagram of hydraulic conductivity versus formation factor)

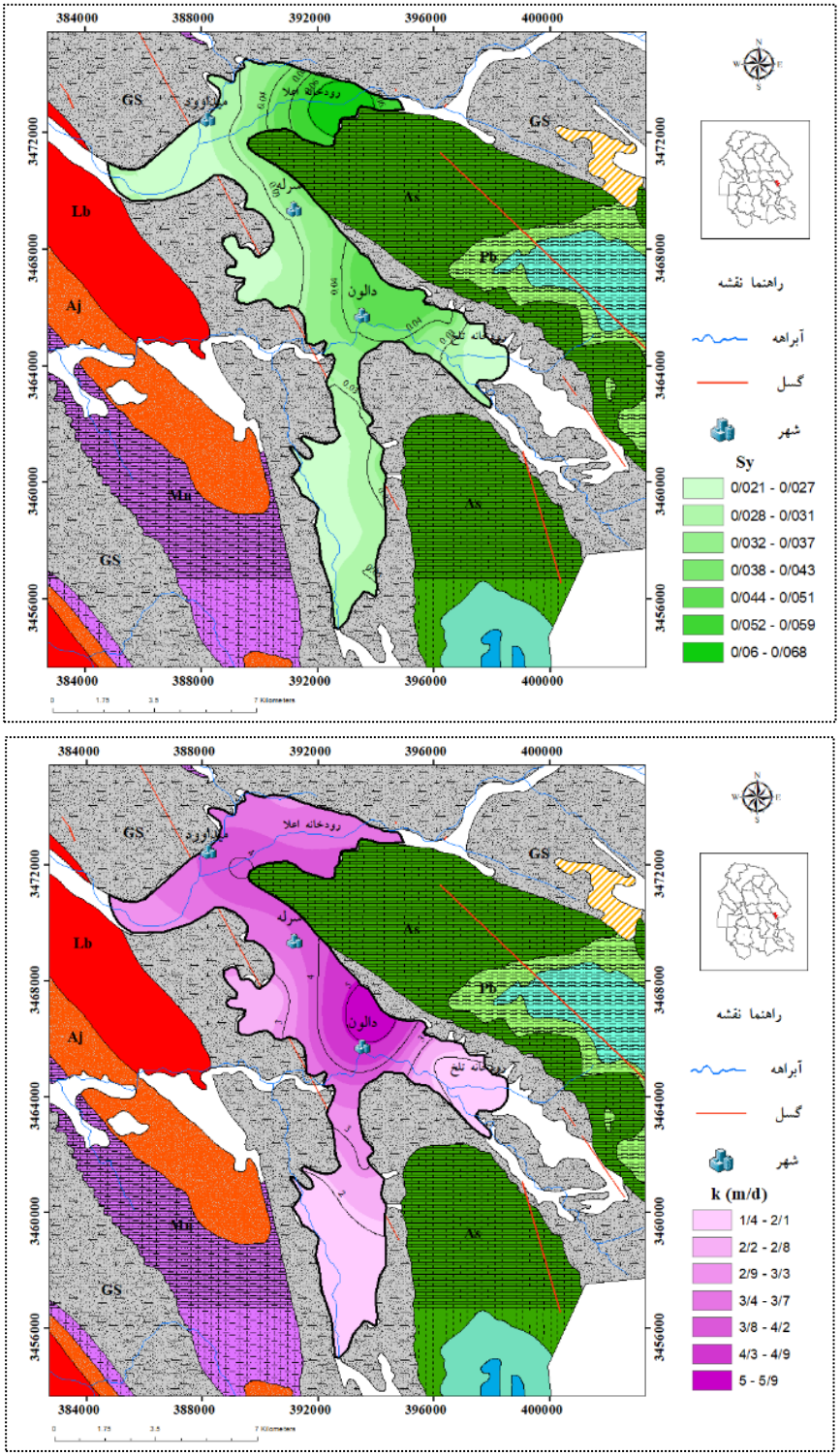
هدایت هیدرولیکی محاسبه شده از روش ژئوفیزیک با تفاوت جزئی نسبت به دو روش پیشین از سمت شمال و شرق به سمت جنوب شرقی، جنوب و غرب آبخوان کاهش می‌یابد. محدوده‌ی تغییرات هدایت هیدرولیکی از حداقل ۱/۴۵ تا حداکثر ۵/۹۴ متر در روز می‌باشد (شکل ۱۰، سمت چپ). نقشه‌ی ترسیم شده آبدهی ویژه براساس روش ژئوفیزیک نشان می‌دهد که، در بخش شمالی آبخوان بیشترین مقدار و از جهت شمال به سمت جنوب کاهش می‌یابد. مقدار آبدهی ویژه در محدوده‌ی شهر دالون-میداوود بالا و در نزدیکی رخنمون سازند آسماری همچنین در غرب آبخوان در دالون بیشترین مقدار (حدود ۰/۰۶۸) و حداقل مقدار این پارامتر درجنوب شرقی، جنوب، غرب و شمال غربی حدود ۰/۰۲۱ می‌باشد (شکل ۱۰، سمت راست).

بر اساس نقشه تغییرات قابلیت انتقال (شکل ۱۱)، در بخش شمال‌شرقی و شرق آبخوان بیشترین مقادیر پارامتر قابلیت انتقال دشت آبرفتی دالون-میداوود (۲۰۳ مترمربع در روز) مشاهده شده، در جهت جنوب شرقی، غرب و شمال غرب مقادیر قابلیت انتقال آبخوان کاهش یافته و به مقدار حدود ۱۲۲ متر مربع در روز می‌رسد.

سنگ کف دشت دالون–میداوود غالباً ژیپس و مارن سازند گچساران است که توسط واریزه‌های ارتفاعات مدفون شده‌است ضخامت این واریزه‌های ریز و درشت در برخی مناطق آبرفتی به بیش از ۱۰۰ متر تشکیل می‌رسد که وسعت این آبرفت چندان چشمگیر نمی‌باشد. به طور کلی ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان دالون–میداوود به علت وسعت کمی که دارد همچنین گسترش زیاد ذرات ریزدانه، متوسط می‌باشد و در بخش‌هایی که ذرات درشت و ریز آبرفت را تشکیل داده‌اند بیشتر از مناطقی است که حاصل فرسایش سازند گچساران بوده و عمدتاً ریزدانه است.

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]



شکل ۱۰. نقشه پهنه‌بندی آبدهی ویژه، پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی (براساس ژئوفیزیک)

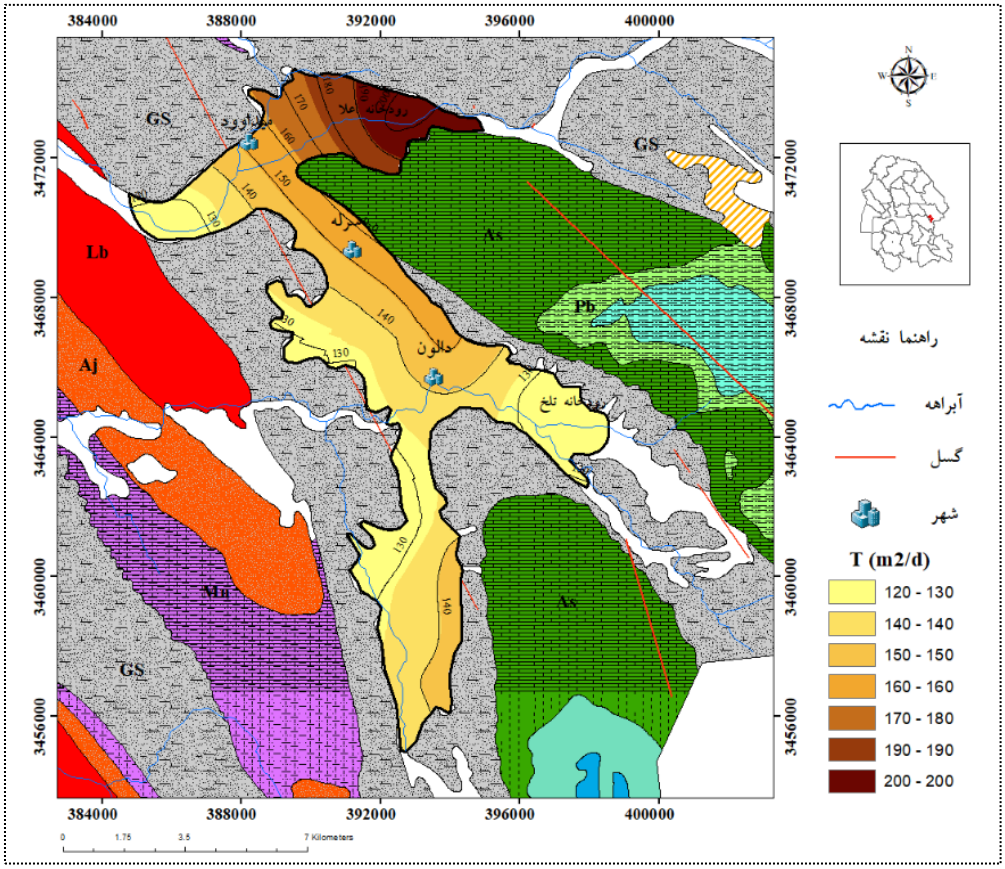
Fig. 10. Special watershed zoning map, hydraulic conductivity zoning (based on geophysics)

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

صحت سنجی تلفیق روش ها

خطوط تراز در صحت سنجی مقادیر k و T می‌تواند مؤثر واقع شود. در جریان آب زیرزمینی دائمی، (بافرض ثابت ماندن فواصل خطوط جریان) مناطقی که دارای منحنی هم‌تراز با فاصله بیشتری از هم هستند هدایت هیدرولیکی بیشتری را نشان می‌دهند و منحنی‌هایی که در فاصله کم از یکدیگر قرارگرفته‌اند دارای هدایت هیدرولیکی کمی هستند. این درصورتی است که تغییر فاصله خطوط جریان این قانون را تغییر می‌دهد به طوری‌که افزایش فاصله خطوط جریان باعث کاهش هدایت هیدرولیکی می‌شود (Asghari; David B, 1977 Moghadam, ,2010). با توجه به اینکه خطوط هم‌پتانسیل براساس اطلاعات سطح آب چاه‌های مشاهده‌ای ترسیم شده و تعداد پراکنش این چاه‌ها در سرتاسر آبخوان دالون-میداوود یکنواخت نبوده و نامناسب می‌باشد جهت صحت سنجی از دبی چاه‌های بهره‌برداری استفاده شد.



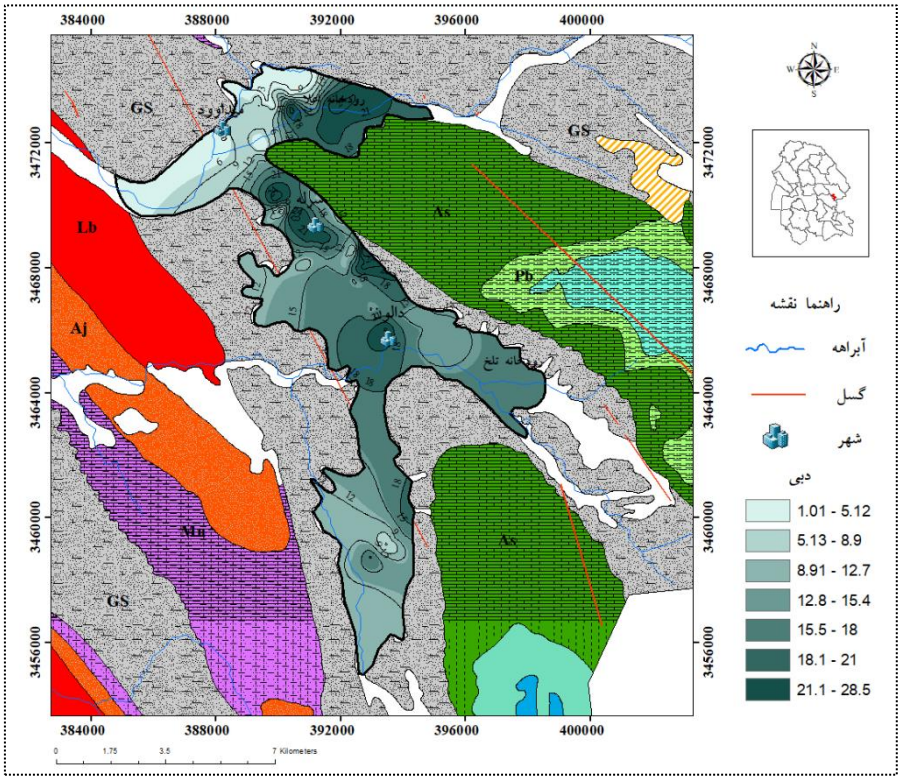
شکل ۱۱. نقشه قابلیت انتقال(به روش ژئوفیزیک)

Fig. 11. Transmissivity map (by geophysical method)

نقشه تغییرات دبی چاه‌های بهره‌برداری دشت آبرفتی دالون-میداوود نشان می‌دهد که در بخش و شمال‌شرقی و شرق آبخوان در محل روستاهای میداوود بالا، سرله و دالون چاه‌های بهره‌برداری بیشترین دبی را دارند که این امر معرف ضرائب هیدرودینامیکی بیشتر این نواحی از آبخوان می‌باشد. اکثر چاه‌های حفر شده در این مناطق نیز در عمق کمتری به سطح آب برخورد کرده و چاه کم عمق هستند (شکل ۱۲).

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]



شکل ۱۲. نقشه تغییرات دبی آبخوان دالون-میداوود

Fig. 12. Map of the flow changes of Daloon-Meydavood aquifer

نتیجه گیری

آبخوان دالون-میداوود با رخنمون سازندهای آسماری و گچساران احاطه شده و وسعت آبرفت آن کم می‌باشد. ذرات ریز و درشت دانه حاصل از فرسایش ارتفاعات آسماری و گچساران آبرفت این دشت را تشکیل داده‌اند. پروفیل‌های عرضی نشان دادند که ذرات تشکیل دهنده آبرفت در نزدیکی سازند آسماری در نیمه‌ی شرقی آبخوان ترکیبی از درشت و ریز دانه بوده که ذرات متوسط و درشت مثل ماسه از جنس آهک هستند. با نزدیک شدن به سازند گچساران و فاصله گرفتن از آسماری ذرات ریزدانه تر و ضخامت میان لایه‌های رسی بیشتر می‌شود براساس روش دانه‌بندی، هدایت هیدرولیکی از شمال‌شرقی به سمت شمال‌غربی و جنوب کاهش می‌یابد و دامنه‌ی تغییرات آن از ۰/۱۶ متر در روز الی ۸/۸ متر در روز است. قابلیت انتقال دشت بر اساس روش دانه‌بندی بین ۲۰-۳۸۵ مترمربع در روز متغیر است که در شمال و شمال شرق ماکزیمم مقدار آن مشاهده می‌شود. پارامتر آبدهی ویژه براساس اطلاعات لاگ چاه‌های حفاری شده نشان داد که آبخوان در نیمه‌ی شرقی، آبدهی ویژه بیشتری دارد و با حرکت به طرف نیمه‌ی غربی دشت این پارامتر کاهش می یابد. بررسی ضرائب هیدرودینامیک به روش آزمون پمپاژ، تغییرات هدایت هیدرولیکی (K) از ۰/۲ الی ۷/۱ متر در روز را نشان داده، در شمال‌شرقی بیشترین مقدار و در جنوب کمترین مقدار مشاهده می‌شود. مقادیر قابلیت انتقال معرف کاهش آن از میانه‌ی دشت محل روستای سرله به دو سمت شمال و جنوب است. کمترین و بیشترین مقدار قابلیت انتقال۲۶ و ۳۵۶ مترمربع در روز است. آبدهی ویژه تغییراتی بین دوعدد ۰/۰۰۵۱ و ۰/۰۳۶ را نشان داده، که از شرق به غرب دارای روندی کاهشی می‌باشد. براساس اطلاعات ژئوفیزیکی، سنگ کف آبخوان در عمق ۳۰ الی ۱۵۰ متری قرار دارد همچنین ضخامت آبخوان ۲۸ -۸۲ متر متغیر بوده، بیشترین میزان عمق سنگ کف و ضخامت آبخوان در شمال بوده و در جهت جنوب و جنوب‌شرقی کاهش می‌یابد. مطابق با داده‌های حاصل از بررسی‌های ژئوفیزیکی، قابلیت انتقال در دشت مورد مطالعه از

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

شمال‌شرقی و شرق آبخوان به سمت جنوب‌شرقی و غرب روندی کاهشی دارد و بیشینه محاسبه شده آن در محدوده شمال‌شرقی رقم ۲۰۳ مترمربع در روز را نشان می‌دهد. هدایت هیدرولیکی، از شرق به سمت جنوب و جنوب‌شرقی کاهش می‌یابد که ماکزیمم رقم محاسبه شده برای این پارامتر معادل ۵/۹۴ متر در روز است. ضریب هیدرودینامیکی آبدهی ویژه نیز از شمال شرقی و شرق به جنوب، جنوب شرقی و غرب کاهش می‌یابد و در شمال شرقی حدود ۰/۰۶۸ و در جنوب ۰/۰۲۱ می‌باشد. براساس نقشه دبی چاه‌های بهره‌برداری در شمال‌شرق و شرق آبخوان در محل روستای میداوود بالا و سرله چاه‌های بهره‌برداری بیشترین دبی را دارا می‌باشند و همچنین عمق چاه‌ها در این محدوده کم می‌باشد. بررسی ۳ روش محاسبه نشان داد که ضرائب هیدرودینامیک محاسبه شده براساس دانه بندی و آزمون پمپاژ بیشترین شباهت را با نقشه دبی چاه های بهره برداری و تراکم چاه‌های دارد.

قدردانی

از سازمان آب برق خوزستان و شرکت مهندسین مشاور بهکار آب اهواز، به منظور در اختیار قراردادن داده‌های لازم در راستای این پژوهش، قدردانی می‌گردد

References

Archie, G., E., (1942). The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. Transactions of the AIME, 146(01), 54-62.

Asghari Moghadam, A., (2010). Principles of groundwater knowledge. Tabriz University.1, 339. (In Persain)

Bouwer, H. (1978). Groundwater Hydrology. Hill Book Company, New Yorh.NY, scheduled for 1978.

Dewandel, B., Jeanpert, J., Ladouche, B., Join, J.L. & Marechal, J.C. (2017).Inferring the heterogeneity, transmissivity and hydraulic conductivity of crystalline aquifers from a detailed water- table map. Journal of hydrology, 550: 118-129

Dashti, Z., Rezaei, A., Azadi, M., & Arjmand Sharif, M., (2019). Estimation of Hydrodynamic Coefficients of Zouzan Plain Aquifer Using Electrical Sounding Data. Journal of iran-watershed management science & engineering. 13(44), 38-47.(In Persain)

David B., McWhorter., Daniel K., Sonada. (1977). Hydrology and hydraulics of underground waters. Translated by Mahmoud Shariatmadar Taleghani, University Publishing Center, 1389. (In Persain)

Taheri Tizro, A., Aabedini, Sh., Kamali, M.,(2018). Estimating of the hydraulic parameters of aquifers using geo-electrical method (Case study: Chahardoli Plain, Kurdistan). Journal of Hydrogeology. 2(1), 85-101. (In Persain)

Khalidi Alamdari, M., Majnoni Harris, A., & Fakheri Fard, A., (2020). Estimation of hydraulic conductivity and aquifer storage coefficient of Shabstar Plain using numerical model. Journal of Hydrogeology. 7(1), 42-52. (In Persain)

Koopaee Abedi, J., Golabchian, M., (2015). Estimation of hydrodynamic coefficients of underground water resources of Kohpayeh-Segzi watershed using Modflow model. Journal of agricultural sciences and techniques and natural resources, water and soil sciences. 9 (79), 281-292. (In Persain)

Keyhomayoon, Z., Hajizade, M., Alijani, F., (2022). Investigating the Effectiveness of the Implementation of the Reclamation and Balancing Plan and the Vulnerability of the Plan Projects (Case Study: Ardestan Plain– Isfahan Province). Journal of Water and Sustainable Development. 9(3), 25-38. (In Persain)

Theis, C. V. (1935). The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. Eos, Transactions American Geophysical Union, 16(2), 519-524.

Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). Groundwater hydrology. 3rd Edition, Jon Wiley & Sons, Publications, 146-448.

Renard, P., Glenz, D., & Mejias, M. (2009). Understanding diagnostic plots for well- test interpretation. Hydrogeology journal, (17)3: 589-600.

Niwas, S., & Celik, M. (2012). Equation estimation of porosity and hydraulic conductivity of Ruhrtal aquifer in Germany using near surface geophysics. Journal of Applied Geophysics, 84, 77-85.

Nassimi, A., Mohammadi, z. (2015). Evaluation of Methods for Determining the Aquifer Hydrodynamic Coefficients based on Pumping

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]

Test in Fars Province. Journal of science water and soil. 25(2), 201-215. (In Persain)

Nakhaei, M., Mohammadi, M., & Rezaei, M. (2014). Optimizing of Aquifer Withdrawal Numerical Model UsingGenetic Algorithm (Case Study: Uromiyeh Coastal Aquifer). Journal of iran-water resources research. 10(2), 94-97. (In Persain)

Nassimi, A., Mohammadi, z. (2011). Investigating the difference of different pumping test analysis methods in estimating the hydrodynamic coefficients of aquifers. Journal of advanced applied geology. 1(2), 21-8. (In Persain).

[Downloaded from jeg.khu.ac.ir on 2024-07-16]

[DOI: 10.22034/JEG.2024.18.1.1019741]